

Т. В. Власова

# ДОСЛІДЖЕННЯ І МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛООБМІНУ У СЕПАРАТОРІ КОНДЕНСАЦІЙНОЇ КОЛОНИ АГРЕГАТИВ СИНТЕЗУ АМІАКУ

В доповіді описані результати математичного моделювання сепаратора конденсаційної колони блоку вторинної конденсації аміаку. За результатами експериментально-аналітичних досліджень отримано рівняння для розрахунку температури газового потоку на виході з сепараційної частини колони, яка необхідна для визначення поверхні теплообміну колони.

**Ключові слова:** конденсація, аміак, конденсаційна колона, сепарація, азотно-воднева суміш, циркуляційний газ.

## 1. Вступ

Дослідження, про які йдеться у доповіді відносяться до галузі хімічної промисловості. У нинішніх умовах постійного підвищення цін на енергоносії та жорсткої конкуренції на світовому ринку актуальним є питання підвищення економічної ефективності агрегатів виробництва аміаку. У сучасних схемах отримання цільового продукту найбільше розповсюдження знайшов спосіб вилучення аміаку у циркуляційному циклі синтезу шляхом конденсації, отже розробка нового енергоефективного обладнання системи вторинної конденсації є важливою задачею підвищення конкурентноздатності вітчизняного аміаку.

## 2. Постановка проблеми

Синтез таких складних систем найбільш ефективно вирішується на стадії проектування за допомогою методів математичного моделювання, які дозволяють здійснювати прогнозування показників у різних комбінаціях апаратурно-технологічного оформлення.

## 3. Основна частина

**3.1. Аналіз літературних джерел по темі дослідження.** В джерелі [1] проведено аналіз ефективності роботи конденсаційних систем агрегату синтезу аміаку АМ-1360 в умовах зміни температури атмосферного повітря та запропоновано енерготехнологічне оформлення блоку первинної конденсації. В джерелі [2] було викладено методіку для розрахунку холодопродуктивності абсорбційно-холодильної установки блоку вторинної конденсації, що враховує реальні умови експлуатації.

Використання скоригованого рівняння Краусольду для розрахунку коефіцієнту тепловіддачі

з урахуванням інтенсивності конденсації аміаку, що приведено в роботі [3], дозволяє проводити математичне моделювання випарника блоку вторинної конденсації для вирішення задач оптимального управління, зокрема, в процесі дренування флегми.

В роботі [4] розглянута технологія утилізації низькопотенціальної теплоти з рівнем температури менше 100 °С в циклі ПХУ блоку вторинної конденсації.

**3.2. Результати досліджень.** Одним з основних апаратів блоку вторинної конденсації є конденсаційна колона, у якій відбувається рекуперація холоду циркуляційним газом (ЦГ) з аміачних випарників та сепарація рідкого аміаку. Одним з основних параметрів для визначення середньої різниці температур, а отже і поверхні теплообміну при проектуванні є температура газового потоку з сепаратору. Визначення її ускладнюється сумісним протіканням процесів теплообміну при змішуванні азотно-водневої суміші (АВС), ЦГ і конденсату, що видаляється з колони після сепарації. Однак чітка інформація для визначення її у літературі відсутня. Таким чином з метою розробки алгоритму визначення температури змішаного потоку і були проведені експериментальні дослідження.

Дослідження виконувалися на промисловому агрегаті синтезу. Статична ідентифікація колони проведена на основі даних, які отримані шляхом пасивного реєстраційного експерименту, за результатами якого була сформована вибірка режимів. Відбір проб та визначення вмісту аміаку у ЦГ проводилось за методикою, що ґрунтується на поглинанні аміаку водою з наступним титруванням аміачної води сірчаною кислотою. За кількістю використаної кислоти знаходили концентрацію аміаку. Інші компоненти суміші визначались за допомогою хроматографу «Цвет-102».

Температура змішаного потоку АВС та ЦГ  $t_4$ , була отримана при спільному вирішенні рівнянь

теплового балансу прямого та зворотного потоків теплообмінної частини конденсаційної колони, за методикою [2]. З вирішення рівнянь матеріального та теплового балансів сепараційної частини отримуємо кількість аміаку, що випарилась  $V_{\text{И}}$ .

Для спрощення визначення  $t_4$  за результатами обробки експериментальних даних було встановлено, що між температурою змішаного потоку та температурою вторинної конденсації  $t_{\text{ЦГ}}^{\text{BX}}$  і кількістю продукційного аміаку  $V_{\text{К}}$  існує залежність, вигляд якої отримано на підставі проведення кореляційного та регресійного аналізів. При цьому було одержано рівняння (1):

$$t_4 = 50,901 + 0,82863 \cdot t_{\text{ЦГ}}^{\text{BX}} - 0,38896 \cdot V_{\text{К}}, \quad (1)$$

Коефіцієнт множинної кореляції склав 0,95. Перевірка на адекватність за критерієм Фішера показала, що дисперсія відносно середнього істотно більше, ніж залишкова дисперсія. Середньоквадратичне відхилення розрахункового значення не перевищує 0,225 К.

На сьогоднішній день, температура змішаного потоку, згідно існуючої практики, приймається апріорно на 2 градуси вище ніж температура вторинної конденсації. Проте, як показують дослідження, такий підхід не відображає експериментальні показники, це обумовлено тим, що тепло випарювання рідкої фази не враховується. За таких обставин, при проектуванні теплообмінної частини конденсаційної колони поверхня теплообміну, внаслідок збільшення середньо логарифмічної різниці температур, може бути зменшена згідно розрахунків на 7,5 %, а отже знижена і металоємність колони, чим буде забезпечене скорочення вартості нового обладнання

## Література

1. Бабіченко А. К. Конденсаційні системи вилучення аміаку у великотоннажних агрегатах синтезу. Оптимізація роботи [Текст] / А. К. Бабіченко, В. І. Тошинський // Хімічна промисловість України. — Київ : АТ «ВНДІ-ХІМПРОЕКТ», 2008. — № 6(89). — С. 41–45.
2. Ефимов В. Т. Повышение эффективности работы абсорбционных холодильных установок в агрегатах синтеза аммиака большой мощности [Текст] / В. Т. Ефимов, С. А. Ерошенков, А. К. Бабіченко // Холодильная техника. — 1979. — № 2. — С. 23–26.
3. Бабіченко А. К. Дослідження процесу теплообміну при конденсації аміаку з циркуляційного газу у випарниках великотоннажних агрегатів синтезу [Текст] / А. К. Бабіченко, В. І. Тошинський, Е. А. Пирсенкова // Інтегровані технології та енергозбереження. — 2008. — № 3. — С. 105–112.
4. Бабіченко А. К. Энергосберегающее технологическое оформление блока вторичной конденсации крупнотоннажных агрегатов синтеза аммиака [Текст] / А. К. Бабіченко, В. И. Тошинский, И. Л. Красников, М. А. Подустов // Інтегровані технології та енергозбереження. — Харків : НТУ «ХПІ», 2007. — № 4. — С. 3–6.

## ИССЛЕДОВАНИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В СЕПАРАТОРЕ КОНДЕНСАЦИОННОЙ КОЛОННЫ АГРЕГАТОВ СИНТЕЗА АММИАКА

Т. В. Власова

В докладе описаны результаты математического моделирования сепаратора конденсационной колонны блока вторичной конденсации аммиака. По результатам экспериментально-аналитических исследований получено уравнение для расчета температуры газового потока на выходе из репарационной части колонны, которая необходима для определения поверхности теплообмена колонны.

**Ключевые слова:** конденсация, аммиак, конденсационная колонна, сепарация, азотоводородная смесь, циркуляционный газ.

*Татьяна Владимировна Власова, ассистент кафедры Автоматизации химико-технологических систем и экологического мониторинга Национального технического университета «Харьковского политехнического института», тел.: (093) 197-75-57, e-mail: t\_vlasova25@mail.ru.*

## RESEARCH AND MATHEMATICAL MODELING OF HEAT EXCHANGE IN THE SEPARATOR CONDENSATION COLUMN SYNTHESIS AMMONIA AGGREGATE

T. Vlasova

The paper contains results of mathematical modeling of the separator of condensation column of a block of ammonia secondary condensation. According to the results of experimental and analytical investigations an equation is given to calculate the temperature of the gas flow, needed to determine the heat-exchange surface of the column.

**Keywords:** condensation, ammonia, condensation column, separation, nitrogen-hydrogen mixture, circulation gas.

*Tatyana Vlasova, assistant Department of Automation of Chemical-Engineering System and Ecological Control and Monitoring National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», tel.: (093) 197-75-57, e-mail: t\_vlasova25@mail.ru.*